

УДК 691.33.: 666.9-4

д.т.н., профессор С.И. Федоркин,  
Р.В. Братковский, А.К. Войтенко, Национальная академия  
природоохранного и курортного строительства, г. Симферополь

## ПОЛУЧЕНИЕ СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЫ ИЗ ФОСФОГИПСО-ЦЕМЕНТНЫХ ГРАНУЛ

*Получение стеновых материалов матричной структуры из фосфогипсо-цементных гранул. В данной работе проведены исследования физико-механических свойств композитных материалов, полученных способом полусухого прессования из фосфогипсо-цементных гранул.*

В химической промышленности в качестве попутных продуктов образуется большое количество отходов, содержащих сульфат кальция (фосфогипс, борогипс, фторогипс, хлорогипс и др). Большое значение и применение в производстве строительных материалов имеет фосфогипс, содержание дигидрата сульфата кальция в нем составляет 80...95 %. Фосфогипс – многотоннажный отход производства фосфорной кислоты, используемой для производства концентрированных простых и сложных удобрений, таких как двойной суперфосфат, нитрофос, нитрофоска и др [2].

Основным способом удаления фосфогипса на сегодняшний день является сброс в отвалы, что оказывает негативное влияние на окружающую среду, загрязняя атмосферный воздух, подземные и поверхностные воды, почвенно-растительный покров. Транспортирование фосфогипса в отвалы, устройство гидроизоляционных экранов, нейтрализация образующихся при хранении сточных вод связаны с большими капитальными вложениями и эксплуатационными затратами [3].

В настоящей работе изложены результаты исследования по получению строительных материалов матричной структуры из фосфогипсо-цементных гранул.

В связи с этим целью данной работы является обоснование возможности получения стенового материала на основе фосфогипсового вяжущего методом полусухого прессования с предварительным его гранулированием, а затем окатыванием в цементном порошке.

В данной работе использовался фосфогипс ГАК «Титан» (г. Армянск, Крым), получаемый в процессе производства фосфорной кислоты при переработке апатитового сырья Кольского полуострова (Россия) и зарубежных фосфоритов.

Таблица 1

Химический состав фосфогипса ГАК «Титан», % по массе

SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O
0,8	1,01	32,55	0,71	45,41	0,96	96,52

Определение водопотребности и сроков схватывания ФГВ проводились по стандартным методикам по ДСТУ Б В. 2.7-82 – 99. Водопотребность и сроки схватывания фосфогипсового вяжущего показаны в таблице 2.

Таблица 2

Водопотребность и сроки схватывания фосфогипсового вяжущего

Жидкость затворения	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, мин	
		начало	конец
Вода	105	15	24

Следуя данным табл. 2 по нормальной густоте фосфогипсового вяжущего установлено, что необходимо повышенное его увлажнение по сравнению со строительным гипсом. Если нормальная густота гипсового теста 50 – 70 %, то у теста фосфогипсового вяжущего она выше в 1,7 раза и составляет соответственно 85 – 120 %. Для строительного гипса количество воды затворения при полусухом прессовании при оптимальных условиях формирования составляет около 10 % [6]. В связи с этим сырьевые смеси ФГВ увлажняли до 24 % для оптимальных процессов гранулирования.

Фосфогипсовое вяжущее (ФГВ) получали путем тепловой обработки фосфогипса ГАК «Титан» в сушильном шкафу в температурном интервале 140 – 170 С в течение суток. Затем вяжущее просеивали через сито с ячейкой размером 0,16 мм (для более эффективного образования гранул). Полученный мелко дисперсный порошок высыпали на вращающийся барабан гранулятора с последующим распылением на него воды для образования гранул необходимого размера. Затем в барабан высыпалась порция цемента (определенная опытным путем) с дополнительным распылением воды на гранулы, для дальнейшего их окатывания слоем цемента. В работе использовался шлакопортландцемент активностью  $R_{ц}=25,0$  МПа. Из полученных гранул формовали образцы-цилиндры диаметром и высотой 5 см методом полусухого прессования при удельном давлении 20,0-25,0 МПа. Испытание на прочность при сжатии, водостойкость и определение других физических свойств проводили на опытных образцах-цилиндрах в возрасте 7, 14 и 28 суток нормального твердения по стандартным методикам согласно ДСТУ Б В. 2.7-42 – 97.

Результаты испытаний по определению средней плотности ( $\rho_0$ ), предела прочности при сжатии ( $R_{сж}$ ), толщины цементного слоя в разрезе образца ( $\tau$ ) при различных массовых составах приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Физико-механические характеристики образцов

№ сост.	Массовый состав				R <sub>уд</sub> , МПа	K <sub>упл</sub>	ρ <sub>0</sub> , кг/м <sup>3</sup>	R <sub>сж</sub> , МПа	τ, мм
	Ф	Ц	V <sub>1</sub> /Ф	V <sub>2</sub> /Ц					
1	1	0,25	0,24	0,46	200	0,33	1600	10,9	0,1...0,3
2	1	0,5	0,24	0,28	250	0,33	1800	16,45	0,2...0,5
3	1	0,75	0,24	0,25	200	0,40	1710	17,8	0,5...0,8
4	1	1	0,24	0,21	250	0,42	1760	19,5	0,8...1,2

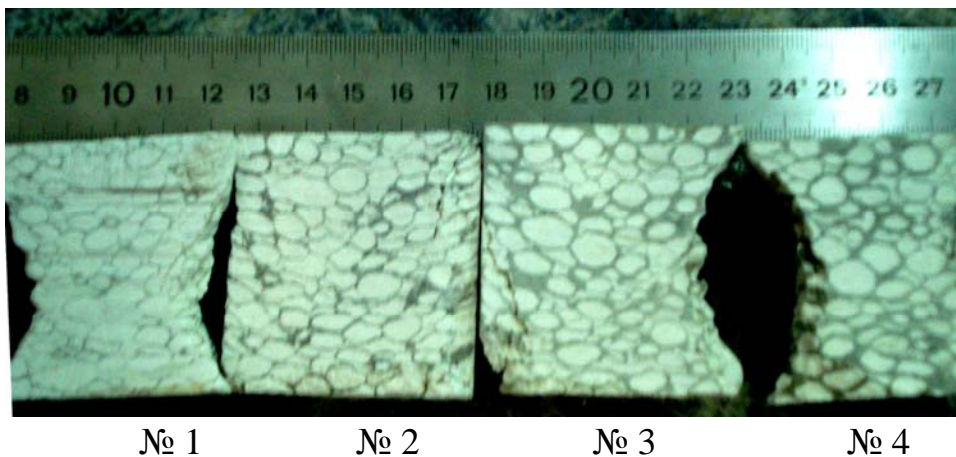


Рис. 1. Определение толщины цементного слоя между гранулами в образцах четырех составов

Из полученных данных видно, что с увеличением расхода цемента для опудривания увеличивается толщина цементного слоя между гранулами и предел прочности при сжатии. Зависимость прочности образцов от срока их твердения приведена на графике (рис. 2).

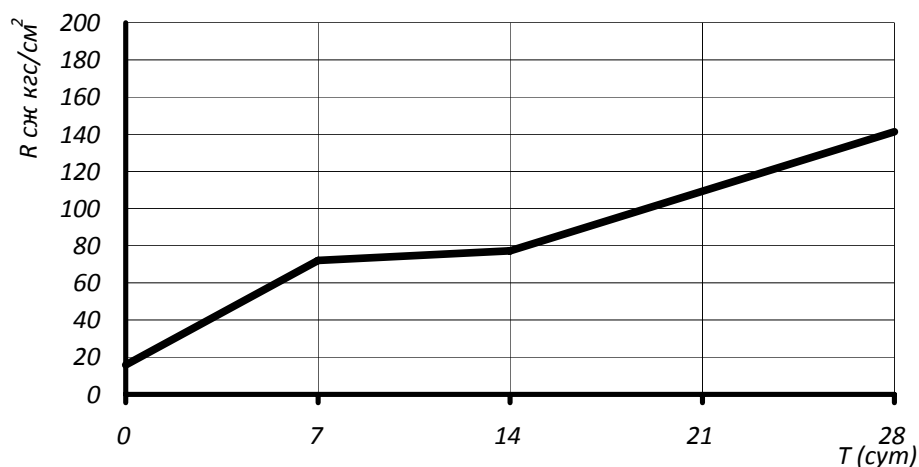


Рис. 2. Изменение прочности на сжатие опытных образцов в течение 28 сут

Для исследования влияния размера получаемых гранул на физико-механические характеристики образцов были проведены испытания образцов-цилиндров диаметром и высотой 5 см, полученных методом полусухого прессования при различном удельном давлении. Изготовление гранул проводилось на тарельчатом грануляторе, с их последующим опудриванием, а отбор (просеивание) гранул проводилось в готовом для прессования виде через сита с размером ячеек 5,0 мм и 10,0 мм. Образцы выдерживались в нормальных условиях и испытывались в возрасте 28 сут. Результаты испытания приведены в табл. 4.

Таблица 4

Физико-механические характеристики образцов

№ состава	Размер гранул, мм	Толщина цементного слоя образцов, мм	$R_{уд}$ , МПа	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_{сж}$ , МПа
1	0,63...5,0	0,1...0,3	10,0	1590	91,7
2	5,0...10,0	0,4...0,6	25,0	1730	147,7
3	более 10,0	0,5...1,0	35,0	1480	163,1

### Выводы

Проведенные исследования показали возможность получения стенового материала матричной структуры на основе фосфогипсо-цементных гранул, методом полусухого прессования. Предел прочности при сжатии образцов, изготовленных из смеси гранул различного размера, соответствует марке М 150, коэффициент размягчения составляет 0,5, водопоглощение по массе составляет не более 15 %. Размер гранул существенно не влияет на прочностные характеристики образцов, а только усложняет процесс их отбора и регулирования размера.

### Література

1. Будников П.П., Ростенко К.В. Фосфогипс как сырье в производстве гидравлических вяжущих // Строительные материалы. – 1966. – № 11.
2. Мещеряков Ю.Г. Гипсовые попутные промышленные продукты и их применение в производстве строительных материалов. – Л.: Стройиздат, 1982.
3. Костенко А.С. Переработка сульфат-содержащих отходов химических производств. – К.: Наукова думка, 1989.
4. Мещеряков Ю.Г., Иванов О.И., Опекунов С.А. Технология производства вяжущего из фосфогипса. // Строительные материалы. – 1992. – № 4.

5. Долгорев А.В. Вторичные сырьевые ресурсы в производстве строительных материалов: Физико-химический анализ: Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1990.

6. Строительные материалы: Справочник // Болдырев А.С. и др. – М.: Стройиздат, 1989.

7. Вилесов Н. Г. Процессы гранулирования в промышленности / Н.Г.Вилесов. – Киев: Техника, 1976. – 192 с.

8. Витюгин В. М. Исследование процесса гранулирования окатыванием с учетом свойств комкуемых дисперсий: Автореф. дис. ... д-ра техн. Наук / В.М. Витюгин. – Томск, 1975.– 42 с.

9. Классен П. В. Основы техники гранулирования. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии / П. В. Классен, И. К. Гришаев.– М.: Химия, 1982.– 272 с.

#### **Анотація**

Здобуття стінних матеріалів матричної структури з фосфогипсо-цементних гранул. У даній роботі проведені дослідження фізико-механічних властивостей композитних матеріалів, отриманих способом напівсухого пресування з фосфогипсо-цементних гранул.

#### **Annotation**

Receipt of wall materials of array pattern of fosfogipso-cement granules. Researches of fiziko-mechanical properties of composite materials, got the method of the half-dry pressing from fosfogipso-cement granules are conducted in this work.